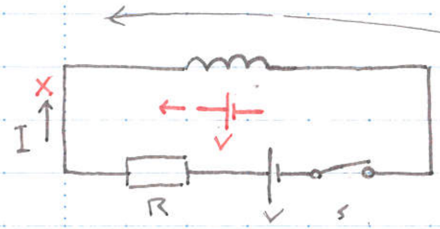
3 電磁エネルギー

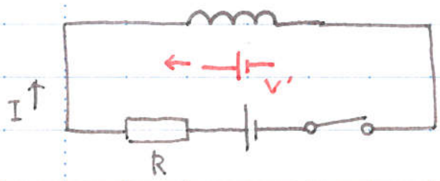
コイルには、電流を流すと磁束が発生する。
この磁束はコイルに蓄えられたエネルギーと見なせる事を確認する。

○ コイルを含む回路



①スイッチを入れた直後 $\boxed{\text{電流は流れない}}$
0→I(A)と大きな変化が起こり
コイル内にも大きな自己誘導起電力が発生する。
↑流れる電流を打ち消そうとする。

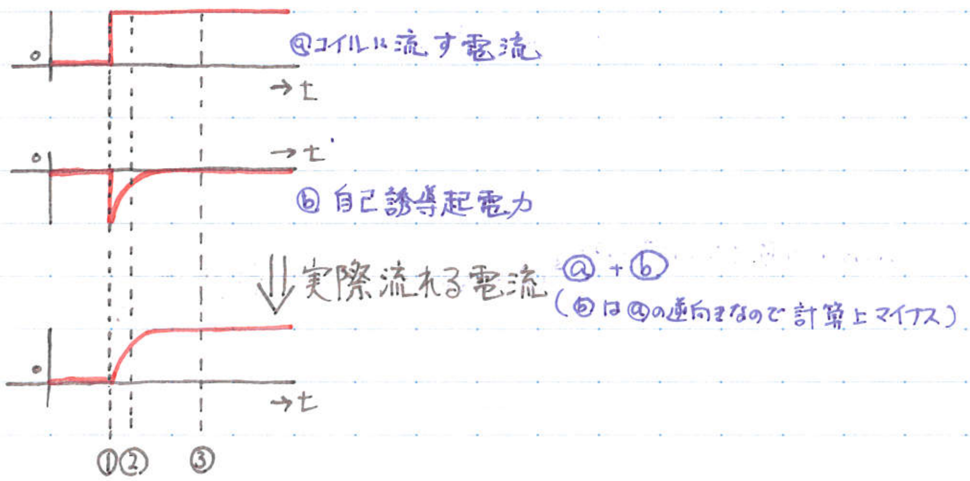
② 時間が経つと… $\boxed{\text{電流が少しずつ流れる。}}$



電流の変化量が小さくなっていくので
ジャマになる自己誘導起電力も下がり
少しずつコイルに電流が流れる。

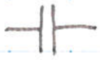
③ 十分に時間が経つと… $\boxed{\text{コイルは導線とみなせる}}$
一定の電流を与える限り、
十分時間が経つと通常の導線のように電流が流れる。

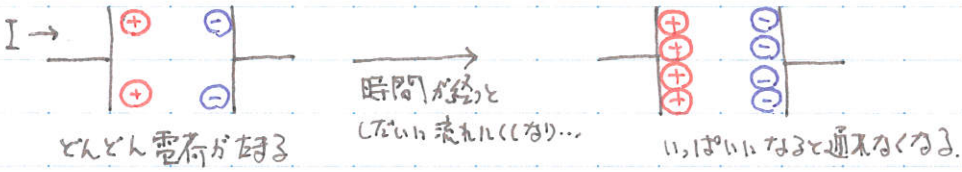
①〜③の電流の変化をタイムチャートで確認



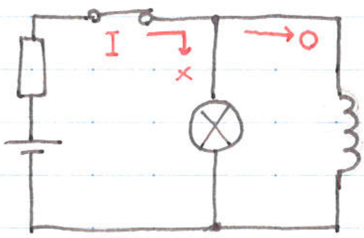
※第3章で学習する「コンデンサ」について。
コンデンサは「電荷」を蓄える働きをする。
今回のコイルと逆の動きをする。

◦コイル  最初流れず、一定時間後流れる。

◦コンデンサ  最初流れて、一定時間後流れなくなる。

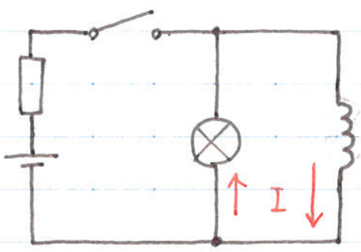


○ コイルに蓄えられるエネルギー



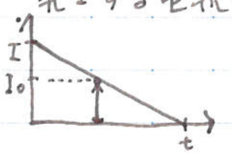
前項の通り、十分時間が経っている場合
コイルは導線と見なす事ができる。
↓
'電流は電球でなくコイルに流れる'
「光らない」

 スイッチを切る



スイッチを切った瞬間
電球が光る。
↓
コイルにエネルギーが蓄えられている。

※t秒間にコイルから放出されるエネルギー ← 確認
発生する電流は時間と共に直線的に減少。



平均電流 $I_0 = \frac{1}{2}I$.
電圧は $e = L\frac{I}{t}$

電力量 $W =$ 電力 × 時間
電力 = 電圧×電流

よって 電力量 $W = e \cdot I_0 \cdot t$
$= L\frac{I}{\cancel{t}} \cdot \frac{1}{2}I \cdot \cancel{t}$
$= \frac{1}{2}LI^2$

まとめ
コイルに蓄えられるエネルギー
$W = \frac{1}{2}LI^2$ (J)

例題

P176. 問23 自己インダクタンス10Hのコイルに100mA流れている。
コイルに蓄えられるエネルギーW(J)は?

$W=\frac{1}{2}LI^2$ なので $W=\frac{1}{2}\cdot 10\cdot(0.1)^2$

$=\frac{1}{2}\cdot 10\cdot 10^{-2}$

$=\frac{1}{20}=0.05$(J)

P176. 問24. コイルの電流が5倍になると蓄えられるエネルギーは何倍?

電流を5倍にした時のエネルギーをW'とすると.

$W'=\frac{1}{2}L(5I)^2=25\left(\frac{1}{2}LI^2\right)=25W$　　∴25倍.

例題解説

○ 磁界に蓄えられるエネルギー

$\boxed{\text{コイルに蓄えられているエネルギー}}$

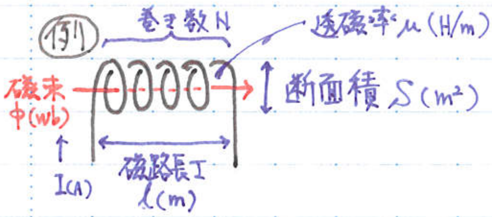
||

$\boxed{\text{コイルの磁界に蓄えられているエネルギー}}$

↓

単位体積(1m³あたり)のエネルギー密度を計算してみる.

例



確認

形状からの自己インダクタンス

$L=\frac{\mu\cdot N^2\cdot S}{l}$ (H)

※追加 確認 1mあたりのコイル内部の磁界の大きさ. $H=\frac{N\cdot I}{l}$

磁界に蓄えられるエネルギー

$W=\frac{1}{2}LI^2$ に上記インダクタンス代入

$W=\frac{1}{2}\cdot\frac{\mu N^2 S}{l}\cdot I^2$

$=\frac{\mu}{2}\cdot\frac{N^2I^2}{l}\cdot S$　($\frac{l}{l}$をかける)

$=\frac{\mu}{2}\cdot\underbrace{\boxed{\left(\frac{NI}{l}\right)^2}}_{\text{コイル内部磁界}}\cdot\underbrace{\boxed{Sl}}_{\text{コイル体積}}$

$=\frac{\mu}{2}\cdot H^2\cdot Sl$

$=\frac{BH}{2}\cdot\underbrace{\boxed{Sl}}_{\text{コイル体積}}$　($B=\mu H$ なので $\mu H^2=BH$)

従って単位体積あたりのエネルギー密度は

$w=\frac{BH}{2}$ (J/m³)

例題

P177. 問25

磁界大きさ 800A/m, 比透磁率 $\mu_r = 500$ のとき

コイルのエネルギー密度 (J/m³) は?

解 $\mu_r = \dfrac{\mu}{\mu_0}$ $\therefore \mu = \mu_r \cdot \mu_0 = 500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}$

求めるエネルギー密度 $w = \dfrac{BH}{2} = \dfrac{1}{2}\mu H^2$

$= \dfrac{1}{2} \cdot 500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot (800)^2$

$= 2.01 \times 10^2$ (J/m³)